ものづくりのための企業内教育（職場内教育）
―パワーエレクトロニクス教育の成果―

水口　拓弥*,　和田　礼,　畑田　研二,　出雲　宏行（アルトナー）

田中　武（広島工業大学）

Corporate Education of Power Electronics for manufacturing (On-the-job training)
- -

Takuya Mizuguchi*, Rei Wada, Kennji Hatada, Hiroyuki Izumo, (Artner Co,Ltd)
Takeshi Tanaka, (Hiroshima Institute of Technology)

Artner Co, Ltd is currently depending on a variety of outsourcing system has been implemented as a high degree of technical assistance for completed of projects. “Making things” from it captures the essence of the whole until it has been customary in the design stage to construction stage of “making things” outside the conventional narrow range of preconceived ideas for the designers and the manufacturing. By the global financial crisis caused by bankruptcy of Lehman Brothers in September 2008, a great reform such as an increase in the level of clients' demand for engineers was provided in engineering outsourcing business which had been growing steadily until the time.　In this study, we report the progress and summary for V-shaped education using the corporate education of Artner Co, Ltd.

キーワード：ものづくり，企業内教育，技術者派遣，リーマンショック，パワーエレクトロニクス，インバータ，回路設計
(Keywords, Manufacturing, Corporate Education, Technician Dispatch, Bankruptcy of Lehman Brothers, Power Electronics, Inverter, Circuit Design)

1.　はじめに

2008 年 9 月 15 日リーマン・ブラザーズの破綻をきっかけに発生した世界同時不況以降，株式会社アルトナー [1] が属する常用型の技術者派遣サービス業界は，競争が激しくなっている．

技術者派遣サービス業界の顧客ニーズの流れは，「若手即戦力技術者」である [2]．若手技術者が即戦力となるまでの期間を短縮できる教育カリキュラムを構築することは，同業他社との差別化につながり会社の競争力を向上させうる．

そこで，若手技術者を早期に設計に対応できるレベルに育成する為の教育カリキュラム「V 字型教育」（図 1）を提案した。V 字型教育とは上流から下流に進むほど理論から物（インバータ）へ近くなり，左側から右側に進むほど基礎的な勉強から実践へ推移していく教育カリキュラムであり，初めに基礎を理論から物へ，続いて設計項目について物から理論へ教育していく．実際の物（インバータ）を織り交ぜて教育を行うことにより設計するイメージを明確にして技術習得までの時間を短縮することが出来た．

基礎に関わる個所をフェーズ 1 と呼びパワーエレクトロニクスの基礎およびモータ制御用インバータの基礎を教育する．そして，設計に関わる個所はフェーズ２と呼びフェーズ１で得た基礎知識を基に，実際にインバータの回路図を作成し，設計を行う．その他にも基板検証，半田付けなどの実践力を補う為，株式会社アリテック [6] 製インバータキット「蓄電タワー」を用いた教育，コミュニケーション能力などのヒューマンスキルを向上させる教育などについても実施した．前回は徐々に成果が見えてきた「V 字型教育」カリキュラムの途中経過について報告した．[4] [5] 今回は「V 字型教育」カリキュラムの成果について報告する．

2.　V 字型教育の進捗状況

これまでにフェーズ１の基礎教育，フェーズ２の開始準備などについて報告をしてきた．これら基礎知識は資料や専門書から得ることができる基本的な理論や原理であるため若手技術者もイメージがつけやすい．また，資料のプレゼンテーションなどコミュニケーション力向上のための

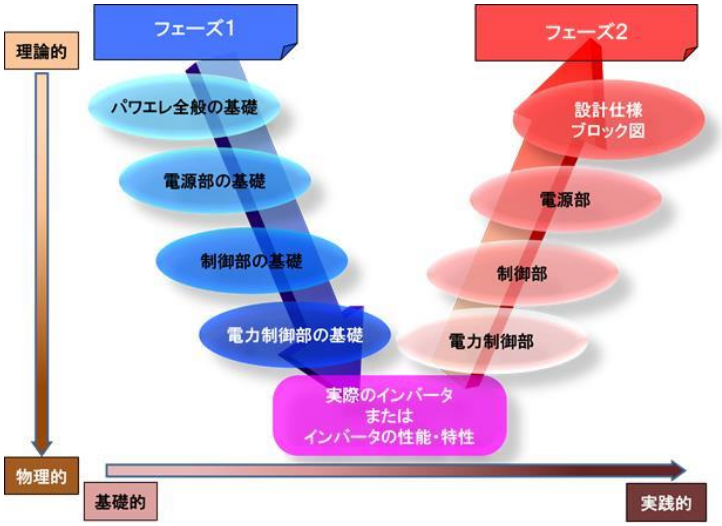

図１　Ｖ字型教育の構図
Fig.1. V-shaped education

アクションを追加してはいるが，基本的には学生の際の勉強方法と同じであり教育方法への抵抗感が少ない．しかし設計についての教育の場合，設計自体が若手技術者にとって未経験のことであり，どのように設計を行えば良いのかイメージをつけることが難しい．そのため次に何をすれば良いのか分かりづらく作業が止まってしまう，回路図を書いても実際の物にイメージが繋がらないなど問題点があった．

〈2･1〉フェーズ２

若手技術者に設計のイメージを持たせながら教育を進めるため，本来の設計手順とは逆の順番で教育行った．

また，教育時間の短縮のためには回路設計をする際に参考となる実際の製品（物）が手元にあるのが望ましいと考え，市販されているインバータをサンプルとして使用した．市販されているインバータをサンプルとして使用することにより，製品を明確にイメージすることにも繋った．

逆の手順で設計教育を行うため，まず初めに市販インバータの取扱説明書にある標準仕様や機能説明，標準接続図などからインバータへの入力，インバータからの出力といった最終的な形（最終仕様）を決定した．この最終仕様とは入出力電圧や端子数，駆動させる負荷（モータ）の制御方法，操作スイッチなどのことであり主に出力について決定している．これら最終的な形を先に決めてしまうことにより，設計したインバータが何をどのような出力で駆動させるのか，どんな機能を満足する設計を行えばいいのかが明確になり設計する際のイメージを持たせやすくすることが出来た．

また，市販インバータは分解して内部調査を実施している．分解調査を行い，基板などを参考にすることにより設計の際に悩み時間のかかる部品選定や回路配線決めなどの助けになり設計の際の時間短縮につなげることができた．

図２は最終仕様の例である．

若手技術者A（入社3年目）	
入力電圧	三相　入力200～240V　0.4kW
出力電圧	50～330V（最大は入力電源電圧と同じ）
出力周波数	0.1～400Hz
制御	正弦波PWM制御
	キャリア周波数　2k～16kHzで調整
操作パネル	液晶表示
	スタート、ストップスイッチ
	設定ダイアル（ロータリースイッチ）
保護機能	過電流
	過電圧
	出力欠相
	非常停止

若手技術者B（入社1年目）	
入力電圧	三相　入力200V　0.4kW
出力電圧	100V、200V
制御	正弦波PWM制御
	キャリア周波数　16kHz固定
操作パネル	7セグLED表示
	スタート、ストップスイッチ
	出力切り替えスイッチ
保護機能	非常停止

図２　最終仕様の例
Fig.2. The last specification

図２にある若手技術者Ａは入社３年目，若手技術者Ｂは入社１年目である．若手技術者Ａは，より実践的なスキルを身に付けさせる為，駆動させるモータの速度やトルクが変更できるように出力電圧や周波数が可変できる設定となっており操作パネルや保護機能の設定も実際の製品に近い仕様となっている．一方，若手技術者Ｂは設計の流れや方法を体験させ身に付けることが目的のため，出力を限定して切り替えスイッチにより数パターン選択させる設定としている．操作パネルや保護機能に関しても，液晶パネルを７セグＬＥＤに変更，保護機能も非常停止のみとするなど機

能を限定して設計の難易度を調整した．

このように，最終仕様で決定する内容を若手技術者によって変更することにより，その時に身に付けさせたいレベルに合った設計難易度に調整することができた．

インバータの回路設計を行うにあたり以下のような順番で設計を行った．

①最終仕様を満足するように電力制御部の回路を設計

②電力制御部の回路を満足するように基板制御部の回路を設計

③電力制御部と基板制御部が満足するように電源部の回路を設計

この回路設計の順番も，既に決定している最終仕様（出力）に近い箇所から順に行うことにより，どのような回路設計をすれば良いのかをイメージを持たせやすくするのが目的である．また，電力制御部の回路設計が終了したら電力制御部が動作するような基板制御部を設計するというように進めるために，その時に回路設計を行っている部分に集中させることができ，教育時間が短縮した．

図 3 はフェーズ 2 全体の流れである．

フェーズ 2 により設計方法や流れの理解，最終的な製品や使用状況をイメージして設計することの必要性について教育することが出来た．

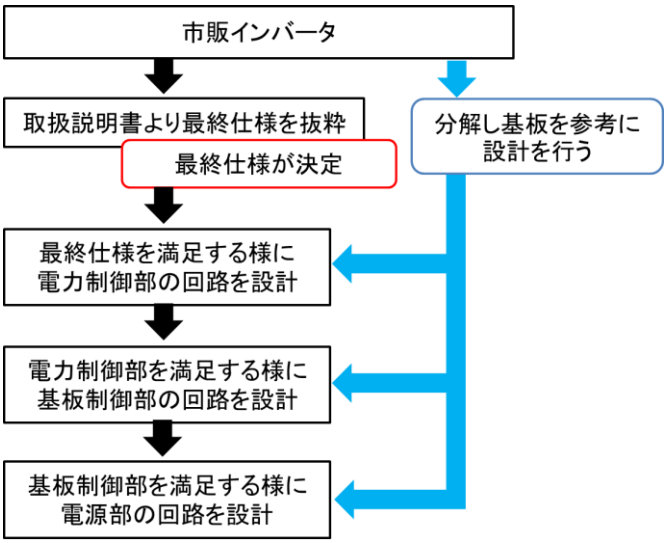

図 3　フェーズ 2 の流れ

Fig.3. The flow of the phase 2

3.　設計思想

V字型教育のカリキュラムに従い教育を行い，インバータの回路設計が出来るようになったが，若手即戦力技術者に必要な知識は回路設計の知識だけではない．環境に対する考慮，品質の向上や故障解析，危険を見つけ対処できるなど様々なことに対応できなければならない．それらについての教育も行った．

〈3･1〉 リスクアセスメント抽出訓練・危険予知訓練

現在，どの企業においても安全が第一に考えられている．労働安全衛生法により労働災害防止のために事業者が講ずべき措置義務が定められてはいるが，これは最低限の基準であり安全対策としては万全とは言い難い．そのため多種多様に行われている作業の実態や特性を的確にとらえた安全衛生対策が求められている．また，回路設計においてもリスクとなりうる事象を設計の段階で察知し対策を行うことが必要である．これらの状況を考えると若手即戦力技術者には初めて携わる職場や業務においてもリスクを見つけ対策できることが求められている．それらリスク対策を提案できる力を身に付けるためにリスクアセスメント抽出訓練および危険予知訓練を行った．

リスクアセスメント抽出訓練は毎月，若手技術者が司会を務め実施した．このリスクアセスメント抽出訓練はリスクの抽出だけが目的ではなく，抽出されたリスクに対し互いが意見を出しあい，全員が納得した状態でリスクや対策を決定していく必要がある．そのため司会を行うことで，それぞれの意見の取り纏め方や話し合いの進め方を身に付けることが出来た．

訓練対象として訓練用のイラストではなく，業務で使用している試験設備にて行った．実際に自身が試験を行っている試験設備で訓練を行うことにより，試験設備に潜む危険を知るだけでなく，安全対策を行った結果を体感することができた．この経験は他の企業や試験設備でリスクを抽出するために大いに役に立つ経験である．

また，この訓練には若手技術者だけでなく，中堅技術者，管理者も参加している．中堅技術者や管理者も参加することにより若手技術者が危険個所と認識しなかった箇所への指摘を行うことができ，どのような環境でもリスクを見つけることができる幅広い考え方を示し身に付けさせた．

危険予知訓練についても同様に行っており，安全対策の方法や取るべき行動について教育することができた．

図 4 は実際に行ったリスクアセスメント抽出訓練のリスク一覧である．

〈3･2〉 品質管理手法

回路設計だけでなく製品を作るにあたり，事前に起こりうる不具合を予測して対策をしておく，発生した不具合に対しては原因を究明し不具合の発生した要因自体を取り除くなど，FMEA / FTA やシックスシグマなどに代表される手法を用いて品質向上に努めることが求められた．勉強会や業務を通じての OJT 教育を実施することにより若手技術者に品質管理手法の方法と進め方を身に付けさせることができた．

〈3･3〉 環境対応

地球温暖化や空気汚染など様々な環境問題が言われるなか，企業においても環境対応した製品が必要になっている．

2013年8月度リスクアセスメント記録表

実施日	2013/8/30
対象場所	認定試験室
対象内容	INV動作、認定試験など

ケガの程度	
死亡災害	10点
休業災害	6点
不休災害	3点
微傷災害	1点

ケガの可能性	
確実である	6点
可能性が高い	4点
可能性がある	2点
ほとんどない	1点

作業頻度	
頻繁	4点
時々	2点
めったにない	1点

総点数	リスクレベル	優先度
15～20	Ⅳ	直ちにリスク低減措置を講じる
12～14	Ⅲ	速やかにリスク低減措置を講じる
9～11	Ⅱ	何らかのリスク低減措置が必要
1～8	Ⅰ	必要に応じてリスク低減措置を実施

総(リスク)数 ＝ ケガの程度 ＋ ケガの可能性 ＋ 頻度

危険有害要因	発生のおそれのある災害 (災害に至る課程として「～なので～して」＋「～になる」と記述すること)	既存の災害防止対策	現存リスク(既存の災害防止対策を考慮したリスク点数) ケガの程度	ケガの可能性	頻度	総点数	リスクレベル	対策の内容	改善後のリスクレベル ケガの程度	ケガの可能性	頻度	総点数	リスクレベル
延長ケーブル	(写真⑤)のR負荷に付いている延長ケーブルが長く、整理されていないため、足を引っ掛けて転倒、腕等を打撲・骨折する。	・特に無し	6	2	4	12	Ⅲ	・ケーブルの長さを調節する。 ・無駄になるケーブルは、通路上には置かない。 ・期間の長い試験の場合はケーブルを保護する。	1	1	1 4	5 6	Ⅰ
絶縁トランス	(写真⑤)の机の下にある絶縁トランスに足を引っ掛けて転倒、頭を打ち流血する。	・安全靴着用 ・長そで着用	6	2	4	12	Ⅲ	・通路となるところに器具を置かない	1	1	4	6	Ⅰ

図 4　リスクアセスメント抽出訓練

Fig.4. Risk assessment extraction training

若手技術者へは勉強会の開催や専門書を用いるなどして，どのようなことへ対応する必要があるのか，今何を求められているのかについて教育を行った．

4.　成果

若手即戦力技術者の早期教育を目的に V 字型カリキュラムを立案し実施してきたが，教育対象となった若手技術者も順次配属がなされ，成果が確認されることとなった．
成果は以下の通りである。

教育対象者　6名

人員	年齢	配属部署	単価増加率	教育前の配属経験
若手技術者A	26	設計・評価	109%	○
若手技術者B	28	設計	102%	○
若手技術者C	24	開発・評価	117%	×
若手技術者D	26	開発・評価	111%	×
若手技術者E	26	開発・評価	111%	×
若手技術者F	26	開発・評価	111%	×

図 5　成果一覧

Fig.5. Result

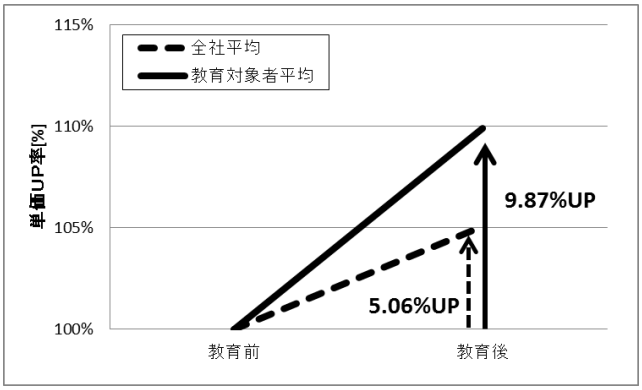

図 6　単価の増加率比較

Fig.6. Rate-of-increase comparison of a unit price

教育対象者 6 名共に評価専任業務から設計，開発に携わる部署へ配属がなされ，各自の活躍が見られている．また，弊社のような常用型の技術者派遣サービス会社での教育成果は単価の増加であり，図 5 は教育対象者の単価増加率，図 6 は単価増加率の全社平均と教育対象者の比較である．

図 5 から 24 歳～26 歳と年齢の若い技術者は単価増加率が約 110%，28 歳の技術者は 102%となった．全社の平均増加率が約 105%（図 6 より）であることから考えると年齢の若い技術者の単価増加率は 5%以上多く，大きな成果が得られている．しかし，28 歳の技術者は全社平均よりも低い単価増加率となった．これは，V 字型教育カリキュラムの目指すところが，若手技術者が早期に設計対応の出来るように育成すること，即ち設計へ配属可能となる一定のレベルへスキルアップさせることであったため，客先配属経験が有る技術者には既に設計配属可能なレベルに近いスキルを持ち合わせており，V 字型教育カリキュラムによるスキルアップの効果が小さかったことが原因と考えられる．一方，配属経験の無い若手技術者は教育により大きくスキルアップしており，その分単価増加率も大きかったと考えられる．

これらのことから見ると，今回の V 字型教育カリキュラムは，経験の少ない若手技術者には十分な効果が得られたが，配属経験のある若手技術者に対しては，十分な効果を得ることが出来なかった．

尚，今回対象となった 6 名に対し，V 字型教育カリキュラムに対するヒアリングを実施している．ヒアリングの結果としては，「実際の物を見ながらの教育であったため，分かり易かった」「設計の流れが理解できた」など概ね良い意見であった．しかし，「業務が忙しく教育課題まで手が回らない時があった」，「ペアの人と時間があわずに時間の調整が大変であった」など今後の課題となる意見も述べられた．

5. 今後の課題

若手即戦力技術者の早期教育を目指し行ってきた教育カリキュラムも一定の成果を挙げ，立上げとしては満足する結果となった．しかし，若手技術者への教育の実施結果やアンケートから今後の課題となる部分が見えた．

① 若手技術者の経験や年齢に対応した
教育カリキュラム内容の変更
② 業務の繁閑による教育時間の増減への対応
③ 共同で実施する人員の教育時間の調整
④ 教育カリキュラムの汎用性
（インバータ以外への対応）
⑤ ヒューマンスキル向上のためのカリキュラム確立

特に配属経験の有る若手技術者への成果があまり見られなかったことを考えると，①の経験や年齢に教育カリキュラムを対応させることは重要であり急務である．また，ヒアリングで多く聞かれた，業務が忙しい時期にまとまった時間を教育にあてることが難しいという課題に対しても，教育カリキュラム内容を細かく区切り短い時間でも進められるようにするなどの対応が必要である．

その他にもインバータに特化した教育カリキュラムを別のテーマでも対応できるようにする，技術面だけでなくヒューマンスキルの向上が見込める内容をカリキュラムの項目として入れ込むなども求められる項目である．

こられの課題は V 字型教育カリキュラムだけでなく，若手技術者の早期教育を目指す弊社にとって大きな課題となっており，今回培った内容を展開していくことも必要である．

6. おわりに

配属された若手を「どのように教育するか」という課題から始まった V 字型教育カリキュラムも，立案から成果確認までと一通り実施することができた．成果としても，まずまずの結果である．しかし，今後改善するべき課題も見えており，継続した改善が求められている．

また，若手技術者の考え方や行動は毎年変化しており，決められた方法だけではなく時代にあった教育方法を柔軟に対応していくことも必要と考える．

しかし，時代や人がどのように変化しても土台となる人間性（ヒューマンスキル）を育てることが最も重要であることにかわりはない．これからも「人をつくる」教育を中心とした教育方針を守り教育に勤しんでいく所存である．

謝辞

若手技術者育成のための教育カリキュラム立案、実施に当たり，広島工業大学　田中武先生に御教授頂きましたこと改めて御礼申し上げます．

文　　献

(1) http://www.artner.co.jp/index.html
(2) 出雲宏行，水口拓弥，和田礼，畑田研二，田中武：「ものづくりのための企業内教育―リーマンショック後の研修体制―」，電気学会教育フロンティア研究会資料，FIE-12-023, pp.21-26,(2012)
(3) 出雲宏行，和田礼，田中武：「ものづくりのための企業内教育（半導体関連）―教材作成―」，電気学会電子回路研究会資料，ECT-10-010, pp.51-55(2010)
(4) 水口拓弥，和田礼，畑田研二，出雲宏行，田中武：「ものづくりのための企業内教育（職場教育）―パワーエレクトロニクス―」，電気学会教育フロンティア研究会資料，FIE-13-013, pp.63-68,(2013)
(5) 水口拓弥，和田礼，畑田研二，出雲宏行，田中武：「ものづくりのための企業内教育（職場教育）―パワーエレクトロニクス教育の実施―」，電気学会教育フロンティア研究会資料，FIE-13-038, pp.67-72,(2013)
(6) http://www.aritec.com/company..html